

Piotr Głąbski*

KONTROLA DYMU W BUDYNKACH Z ATRIAMI

Atrium w budynku stanowi niewątpliwą atrakcję i nic dziwnego, że w ostatnich latach powstało wiele obiektów mających zamknięte przeszklone przestrzenie o wysokości od kilku do kilkunastu kondygnacji. Niestety, obecność otwartej przestrzeni atrialnej wiąże się ze zwiększonym zagrożeniem pożarowym budynku ze względu na łatwość rozprzestrzeniania dymu i gorących gazów pożarowych. W Polsce nie ma przepisów ani regulacji prawnych, które stanowiłyby o sposobach zapobieżenia temu zjawisku. W opracowaniu przedstawiono – zgodnie z aktualną koncepcją rozwoju pożaru – sposoby określania kierunku i wielkości strumienia dymu, wielkości strumienia cieplnego przenikającego do przestrzeni atrium i związanego z nim przyrostu temperatury oraz omówiono podstawowe rozwiązania projektowe grawitacyjnych systemów oddymiających.

1. Wprowadzenie

Zjawisko rozprzestrzeniania się dymu w budynkach, gdzie występuje kilka połączonych ze sobą pomieszczeń o różnych wysokościach, nie zostało do końca poznane, co powoduje, że projektowane obecnie systemy do odprowadzania dymu i ciepła z takich budynków często nie zdają egzaminu i pomimo ich funkcjonowania dochodzi niekiedy do znacznych strat materialnych oraz poważnego zagrożenia życia ludzkiego.

Szczególnym przypadkiem budynków mających skomplikowany układ geometryczny pomieszczeń i jednocześnie stanowiących duże zagrożenie życia ludzkiego ze względu na łatwą migrację dymu i toksycznych gazów pożarowych są budynki z atriami. Otwarta przestrzeń, duża ilość materiałów łatwo zapalnych oraz brak szczelnego oddzielenia pomiędzy przestrzenią atrium a przyległymi pomieszczeniami powodują znaczny wzrost zagrożenia rozprzestrzenianiem się pożaru na inne kondygnacje.

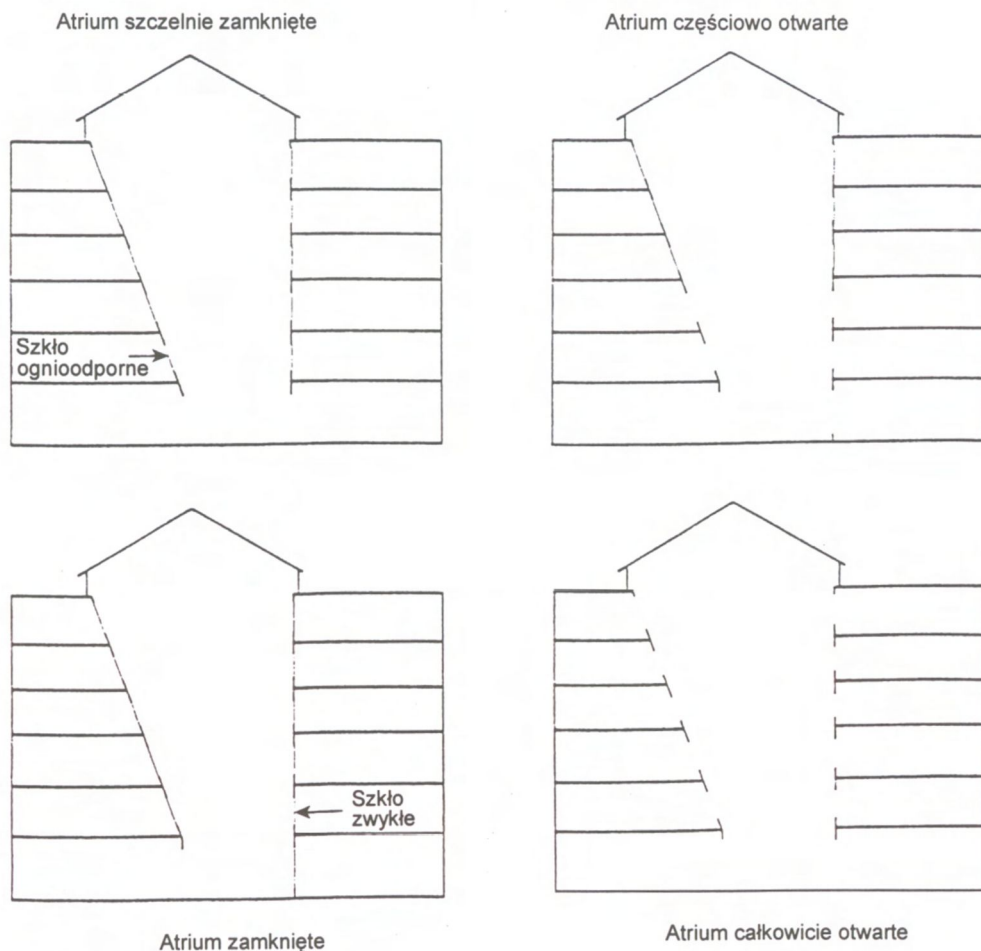
W wielu przypadkach jako instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła są stosowane przypadkowe kombinacje okien i klap dymowych, co w połączeniu z niewłaściwą ich współpracą z systemami sygnalizacji pożarowej prowadzi do sytuacji, w której cały system oddymiający nie zdaje egzaminu. Tylko szczegółowa analiza techniczna dotycząca ilości wytwarzanego dymu, kierunków jego rozprzysku oraz wielkości wyzwalanego strumienia cieplnego może zapewnić dobór odpowiedniego systemu oddymiającego.

* mgr inż. – st. specjalista w ITB

2. Rozwój pożaru w budynku z atrium

2.1. Rodzaje atriów

Ze względu na sposób wydzielenia można wyróżnić następujące typy atriów: szczelnie zamknięte (wszystkie przegrody pomiędzy przestrzenią atrium a przyległymi pomieszczeniami są wykonane ze szkła klasy E, tj. szkła zapewniającego szczelność pożarową), zamknięte (przegrody są wykonane ze szkła zwykłego), częściowo otwarte (pomieszczenia na niższych kondygnacjach są połączone otworami z przestrzenią atrium) i całkowicie otwarte (pomieszczenia są połączone z atrium na wszystkich kondygnacjach). Poszczególne typy atriów zostały przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Rodzaje atriów
Fig. 1. Types of atrium

Przy omawianiu zagadnienia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w budynku z atrium należy rozważyć dwa przypadki: pierwszy, gdy pożar powstaje bezpośrednio w przestrzeni atrium, oraz drugi, gdy pożar powstaje w pomieszczeniu przyległym do atrium.

2.2. Pożar powstający bezpośrednio w przestrzeni atrium

W przypadku gdy pożar powstaje bezpośrednio w przestrzeni atrium mamy do czynienia ze swobodnym pióropuszem dymu unoszącym się nad źródłem ognia, który po dotarciu do stropodachu tworzy podstropową warstwę dymu o stale rosnącej grubości (analogicznie jak w przypadku rozwoju pożaru w jednokondygnacyjnych obiektach przemysłowych). Dym unosząc się w górę porywa powietrze z otoczenia, zwiększając tym samym strumień masowy gorących gazów pożarowych wpływających do powstałego zbiornika dymu (przestrzeni podstropowej, gdzie następuje kumulacja dymu). Ilość porwanego powietrza jest zależna przede wszystkim od wysokości unoszenia oraz od rozmiarów źródła ognia (obwodu źródła ognia).

2.3. Pożar w pomieszczeniu przyległym do atrium

W przypadku gdy pożar powstaje w pomieszczeniu przyległym do atrium sytuacja jest bardziej skomplikowana, gdyż dym może wypływać poprzez otwory okienne do atmosfery, rozprzestrzeniać się na przyległe pomieszczenia danej kondygnacji i wreszcie może wpływać do przestrzeni atrium. Rozwój wypadków będzie zależny od wielu czynników, takich jak: rodzaj i ilość materiałów palnych stanowiących wyposażenie rozpatrywanego pomieszczenia, rodzaj przegrody łączącej pomieszczenie z atrium, wielkość i kształt otworu łączącego pomieszczenie z przestrzenią atrium. Najniekorzystniejszym wariantem z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego jest sytuacja, w której cała ilość gorących gazów pożarowych wpływa do atrium, a źródło ognia znajduje się na najniższej kondygnacji.

W przypadku gdy pomieszczenie objęte pożarem nie ma własnego systemu oddymiającego, dym wypływa z tego pomieszczenia poprzez otwór w przegrodzie wewnętrznej i zbiera się pod stropem danej kondygnacji (jeżeli między pomieszczeniem a przestrzenią atrium znajduje się ciąg komunikacyjny) lub też wpływa bezpośrednio do atrium (jeżeli pomieszczenie bezpośrednio do niego przylega).

W większości przypadków rozwój pożaru w pomieszczeniu przyległym do atrium, według opracowania BR 258 [1], będzie przebiegał w dwóch stadiach:

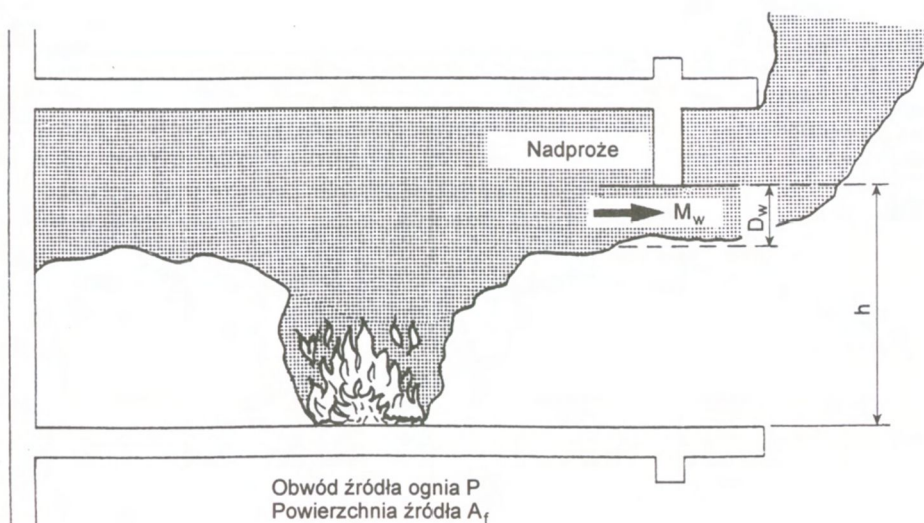
- a) pożar kontrolowany ilością i rodzajem materiału palnego, gdy szybkość spalania oraz ilość wyzwalanego ciepła są zależne tylko od palącego się materiału,
- b) pożar kontrolowany wielkością otworu wentylacyjnego, gdy szybkość spalania oraz ilość wyzwalanego ciepła są zależne od ilości powietrza wpływającego poprzez otwór w ścianie pomieszczenia (przy założeniu, że wszystkie systemy wentylacji mechanicznej są wyłączone).

Ilość wytwarzanych gazów pożarowych oraz strumień wyzwalanego ciepła jest w obydwu stadiach różny i w związku z tym przy projektowaniu efektywnego systemu oddymiającego należy dokładnie rozważyć, który z tych przypadków będzie bardziej prawdopodobny.

Przykładowy rozwój pożaru w pomieszczeniu przyległym do atrium przebiega w podany niżej sposób:

1. Następuje zapalenie się materiału znajdującego się w pomieszczeniu; ilość tlenu potrzebna do podtrzymywania spalania jest wystarczająca, a zatem szybkość spalania i ilość wytwarzanych gazów pożarowych zależy wyłącznie od rodzaju i ilości materiału palnego – stadium a).

2. Utworzony pióropusz dymu dociera do sufitu i rozprzestrzenia się we wszystkich kierunkach, tworząc podstropową warstwę dymu o stale rosnącej grubości. Porywane przez słup dymu powietrze powiększa ilość dymu, zmniejszając tym samym jego temperaturę. Jeżeli w przegrodzie pomiędzy pomieszczeniem a przestrzenią atrium jest otwór, wówczas dym po osiągnięciu górnej krawędzi otworu wypływa z pomieszczenia (rys. 2). W przypadku zamkniętej przegrody z powierzchniami przeszklonymi następuje dalsze „opuszczanie się” podstropowej warstwy dymu. Na skutek tego procesu maleje wysokość pióropuszu dymu, przez co zmniejsza się ilość porywanego powietrza, a co za tym idzie, rośnie temperatura warstwy dymu.



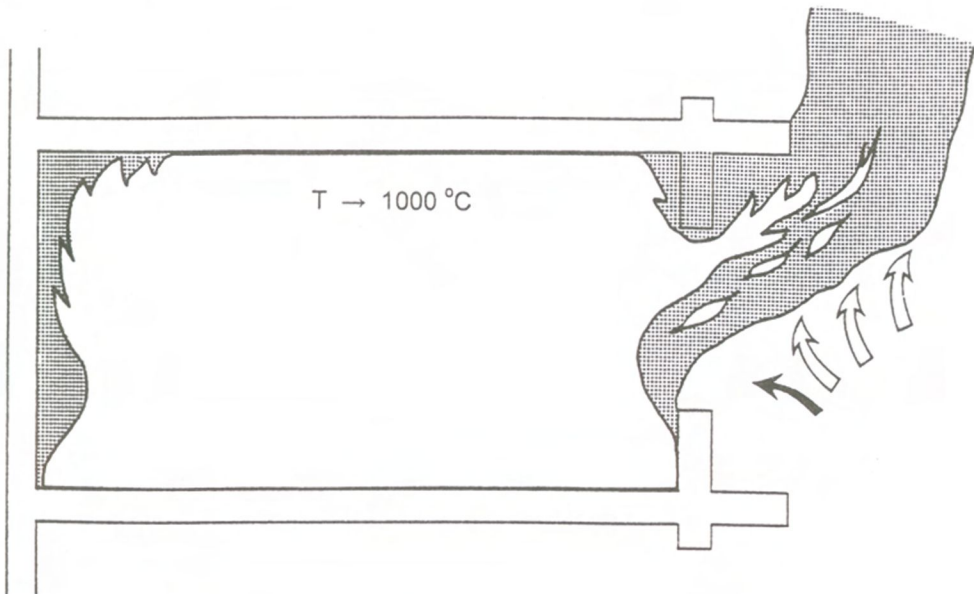
Rys. 2. Wypływ dymu z pomieszczenia przyległego do atrium
Fig. 2. Flow of smoke out of the room into the atrium

3. Po osiągnięciu temperatury o $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ wyższej od temperatury otoczenia następuje pęknięcie szyb w ścianach pomieszczenia. Jeżeli pomieszczenie jest wyposażone w urządzenia tryskaczowe, wówczas nagłe schłodzenie powierzchni rozgrzanej szyby przyspiesza ten proces. Dym i gorące gazy pożarowe wypływają na zewnątrz pomieszczenia bezpośrednio do przestrzeni atrium lub do atmosfery (w zależności od tego, które szyby szybciej ulegną zniszczeniu).

4. Początkowo strumień masowy dymu wypływający z pomieszczenia jest zależny od ilości i rodzaju palącego się materiału; w miarę upływu czasu, gdy rośnie powierzchnia

objęta pożarem, ilość wymaganego do procesu spalania tlenu staje się niewystarczająca i na dalszy rozwój pożaru zaczyna mieć wpływ wielkość i kształt otworu, przez który dostaje się powietrze uzupełniające. W przypadku dużych otworów rosnące zapotrzebowanie na tlen jest „zaspokajane”. Jednak gdy otwór w ścianie jest niewielki w porównaniu do powierzchni objętej pożarem następuje „dławienie” ognia, czego efektem jest spalanie niecałkowite.

5. W miarę jak rośnie powierzchnia źródła ognia, następuje dalszy wzrost temperatury warstwy dymu i w momencie, gdy przekracza ona wartość $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, na skutek silnego promieniowania pochodzącego od gorącej warstwy dymu następuje zapalenie pozostałych materiałów znajdujących się w pomieszczeniu. Jeżeli w pomieszczeniu znajduje się duża ilość materiałów palnych, wówczas gwałtownie rośnie temperatura, osiągając wartość około $(930+1000)^{\circ}\text{C}$ (temperatura płomieni). W tym momencie szybkość spalania, ilość wyzwalanego ciepła i strumień masy gorących gazów pożarowych opuszczających pomieszczenie są zależne wyłącznie od wielkości i kształtu otworu w przegrodzie – stadium b). Niespalone cząstki, opuszczając pomieszczenie, w kontakcie z tlenem „dopalają się” i można zaobserwować płomienie wydobywające się z otworu (rys. 3).



Rys. 3. Pożar kontrolowany wielkością otworu wentylacyjnego
Fig. 3. Fire controlled by the geometry of the ventilation opening

6. Proces przechodzenia pożaru ze stadium kontrolowanego ilością i rodzajem materiału palnego przy temperaturze warstwy dymu około $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ do stadium pożaru kontrolowanego wielkością otworu wentylacyjnego jest bardzo szybki i niekiedy zajmuje tylko kilka sekund.

7. W niektórych przypadkach może się wytworzyć sytuacja pośrednia, gdy pożar obejmie całą powierzchnię pomieszczenia, ale ilość dostarczonego wraz z powietrzem uzupełniającym tlenu jest wystarczająca do podtrzymywania spalania. W tym przypadku parametrem regulującym ilość porywanego powietrza jest szerokość otworu (w początkowym stadium tym parametrem był obwód źródła ognia). Podobnie jak w przypadku przedstawionym na rysunku 3, pojawia się płomień w otworze łączącym pomieszczenie z przestrzenią atrium.

Jeżeli w pomieszczeniu jest zainstalowana sieć tryskaczy, pożar z reguły nie wykracza poza stadium, w którym jest kontrolowany ilością i rodzajem materiału palnego.

2.4. Przepływ dymu

2.4.1. Strumień dymu w przestrzeni atrium

W przypadku pożaru, którego źródło znajduje się bezpośrednio w przestrzeni atrium, strumień masy gazów pożarowych unoszących się nad źródłem ognia, a następnie wpływających do podstropowej warstwy dymu, zgodnie z pracą [2], określa wzór:

$$M_s = 0,188 P h_s^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

gdzie: M_s – strumień masy gorących gazów wpływających do podstropowej warstwy dymu, kg/s,

P – obwód źródła ognia, m,

h_s – wysokość od źródła ognia do dolnej powierzchni warstwy dymu, m.

2.4.2. Wypływ dymu z pomieszczenia objętego pożarem

W przypadku pożaru kontrolowanego ilością i rodzajem materiału palnego (rys. 2) strumień masy gorących gazów wypływających przez otwór w ścianie jest określony wzorem:

$$M_w = 0,188 P (h - D_w)^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

gdzie: M_w – strumień masy gorących gazów wypływających przez otwór w ścianie, kg/s,

h – wysokość od podłogi do górnej krawędzi otworu, m,

D_w – grubość warstwy dymu w otworze, m.

Po podstawieniu do powyższego równania zależności:

$$D_w = \left(\frac{M_w T_c}{k \Theta_c^{\frac{1}{2}} W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

otrzymujemy:

$$M_w = 0,188 P \left[h - \left(\frac{M_w T_c}{k \Theta_c^2 W} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (4)$$

gdzie: T_c – temperatura dymu przepływającego przez otwór w ścianie, K,
 k – bezwymiarowy współczynnik korekcyjny przepływu zależny od układu geometrycznego otworu; $k = 36$ dla otworów z nadprożami większymi niż 1 m, $k = 78$ dla otworów bezpośrednio pod stropem pomieszczenia (bez nadproży)

Θ_c – różnica temperatury pomiędzy strugą gorących gazów a otoczeniem, °C,
 W – szerokość otworu, m.

Po rozwiązaniu powyższego równania względem wartości M_w otrzymujemy:

$$M_w = \frac{0,188 P h^{\frac{3}{2}}}{\left[1 + \left(\frac{0,188 P T_c}{k \Theta_c^2 W} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (5)$$

Wartość czynnika temperatury w tym równaniu, $\frac{T_c}{\Theta_c^2}$, dla szerokiego zakresu Θ_c od 65 °C do 1200 °C waha się w granicach od 34,0 do 43,3. Przyjmując wartość średnią 38,7, narażamy się na błąd w obliczeniach M_w rzędu 4%. Równanie (4) przyjmuje wówczas postać:

$$M_w = \frac{0,188 P h^{\frac{3}{2}}}{\left[1 + \left(\frac{7,27 P}{k W} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

W przypadku gdy dolna krawędź otworu w ścianie jest na poziomie podłogi pomieszczenia ($h = H$), równanie (6) możemy zapisać w postaci:

$$M_w = \frac{0,188 A_w H^{\frac{1}{2}}}{\left[\left(\frac{W}{P} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{7,27}{k} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

gdzie: A_w – powierzchnia otworu, m²; H – wysokość otworu, m.

2.5. Strumień ciepła przenikający z pomieszczenia do przestrzeni atrium

W przypadku pożaru kontrolowanego ilością i rodzajem materiału palnego wielkość strumienia ciepła przenikającego z pomieszczenia do przestrzeni atrium przedstawia wzór:

$$Q = A_f q_f (1 - k_w) (1 - k_s) \quad (8)$$

gdzie: Q – strumień ciepła przenikający z pomieszczenia do przestrzeni atrium, kW,
 A_f – powierzchnia źródła ognia, m^2 ,
 q_f – gęstość strumienia ciepła przypadająca na $1 m^2$ powierzchni źródła ognia, kW/m^2 ,
 k_w – udział względny ilości ciepła oddanego otaczającym przegrodom w całkowitej ilości wydzielonego ciepła,
 k_s – udział względny ilości ciepła przekazanego strugom wody wypływającej z sieci tryskaczy w całkowitej ilości wydzielonego ciepła.

Wartość współczynnika k_w jest zmienna w czasie trwania pożaru. Przez pierwszych 5 min od momentu wybuchu pożaru wartość współczynnika k_w wynosi około 0,67, a następnie stopniowo maleje. Średnia wartość współczynnika k_w uzyskana na podstawie doświadczeń wynosi:

$k_w = 0,45$ dla pomieszczeń biurowych,

$k_w = 0,40$ dla pokoi hotelowych.

Średnia wartość współczynnika k_s dla każdego rodzaju pomieszczeń wynosi $k_s = 0,5$.

W przypadku pożaru kontrolowanego wielkością otworu wentylacyjnego strumień ciepła przenikający do przestrzeni atrium jest określony wzorem:

$$Q = 455 A_w H^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

2.6. Temperatura warstwy dymu w przestrzeni atrium

W większości opracowywanych obecnie projektów systemów oddymiających nie są uwzględnione żadne straty ciepła podczas unoszenia się dymu i gorących gazów pożarowych. Przyjmowane jest założenie, że 100% wartości strumienia cieplnego, który przeniknął do podstropowego zbiornika dymu, pozostaje w nim. Zgodnie z tym założeniem przyrost temperatury w podstropowej warstwie dymu jest określony za pomocą zależności:

$$\Theta = \frac{Q}{M c_p} \quad (10)$$

gdzie: Θ – przyrost temperatury w podstropowej warstwie dymu, $^{\circ}C$,
 Q – strumień ciepła przenikający z pomieszczenia do przestrzeni atrium, kW,
 M – strumień masowy wpływających gazów pożarowych, kg/s,
 c_p – ciepło właściwe powietrza, kJ/kgK.

Jak dowiodły doświadczenia, powyższe założenie jest słuszne w przypadku niewielkich zbiorników dymu albo dużych wartości strumienia masowego gazów odprowadzanych z atrium do atmosfery [3].

W przypadku budynków z atriami, gdzie występują duże przeszklone przestrzenie i poszczególne kondygnacje są połączone otworami z przestrzenią atrium, konieczne jest określenie wpływu strat ciepła na wysokość temperatury w przestrzeni atrium poprzez dokonanie bilansu cieplnego. Równanie bilansu cieplnego można zapisać następująco:

$$Q = A_A q_g + A_E q_g + A_t q_t + A_b q_b + M_e q_e \quad (11)$$

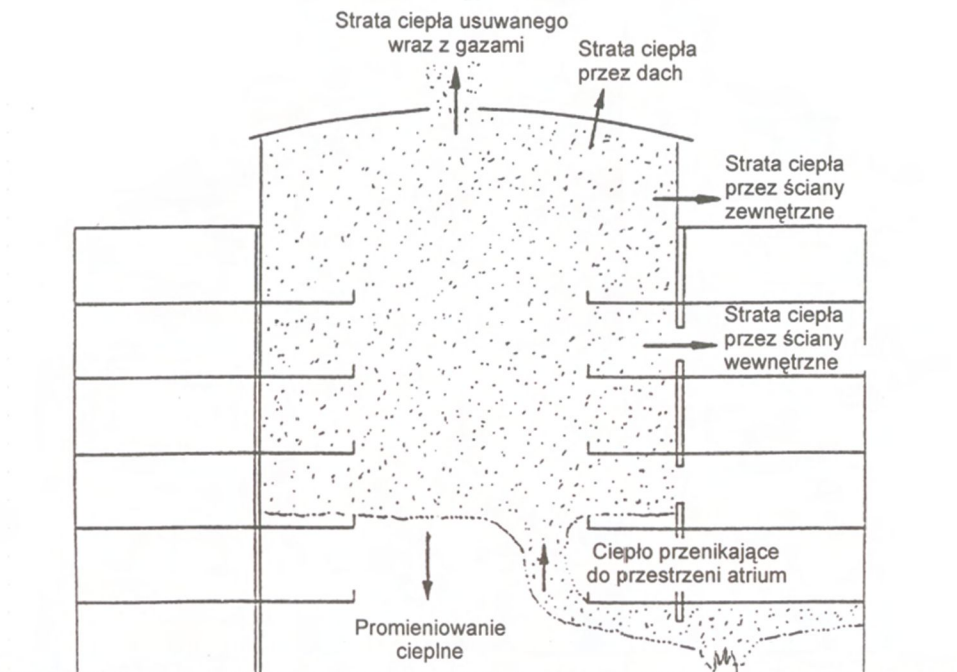
gdzie: A_A, A_E, A_t, A_b – powierzchnie odpowiednio: ścian wewnętrznych, ścian zewnętrznych, stropodachu, przekroju poziomego atrium, m^2 ,

q_g, q_t, q_b – natężenie strumienia ciepłego przypadające na $1 m^2$ powierzchni odpowiednio: ścian, stropodachu, warstwy dymu, kW/m^2 ,

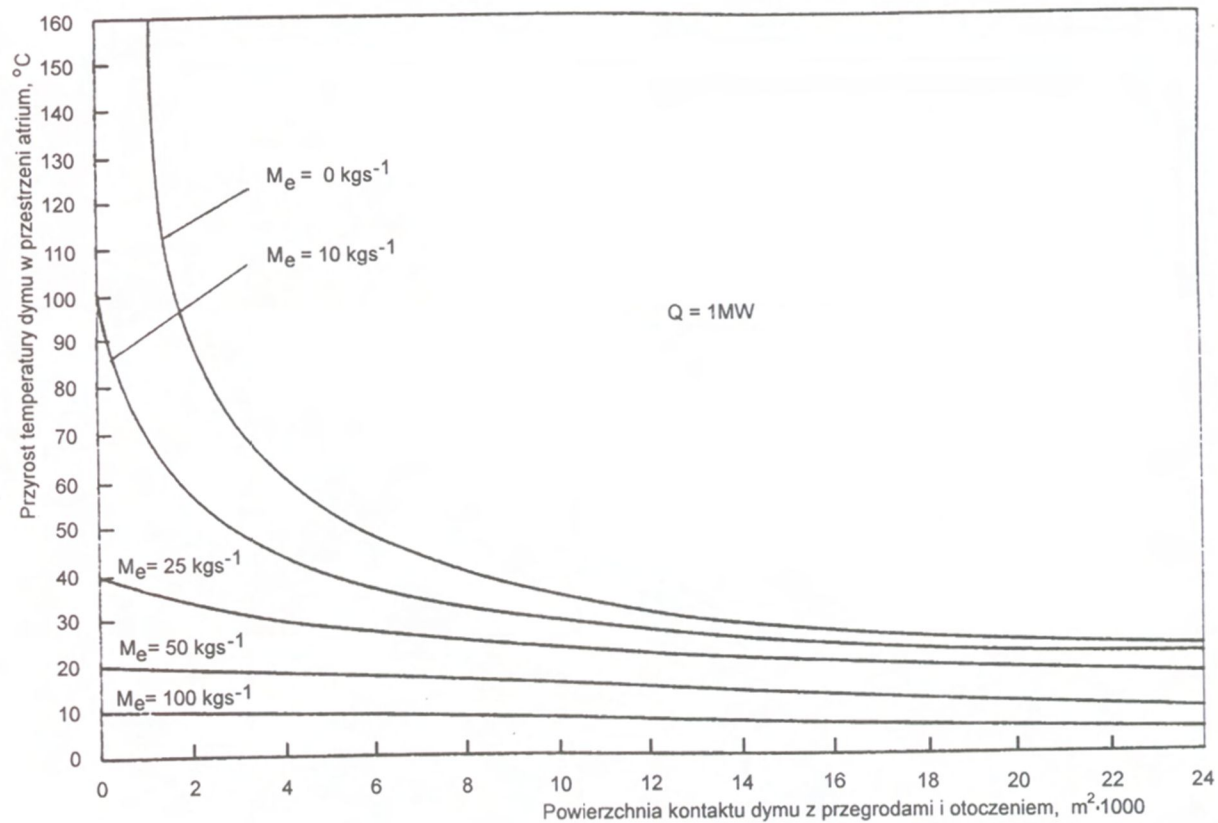
M_e – strumień masowy usuwanych gazów pożarowych, kg/s ,

q_e – ilość ciepła przekazywana otoczeniu przez 1 kg usuwanych gazów pożarowych ($q_e = c_p \Theta$), kJ/kg .

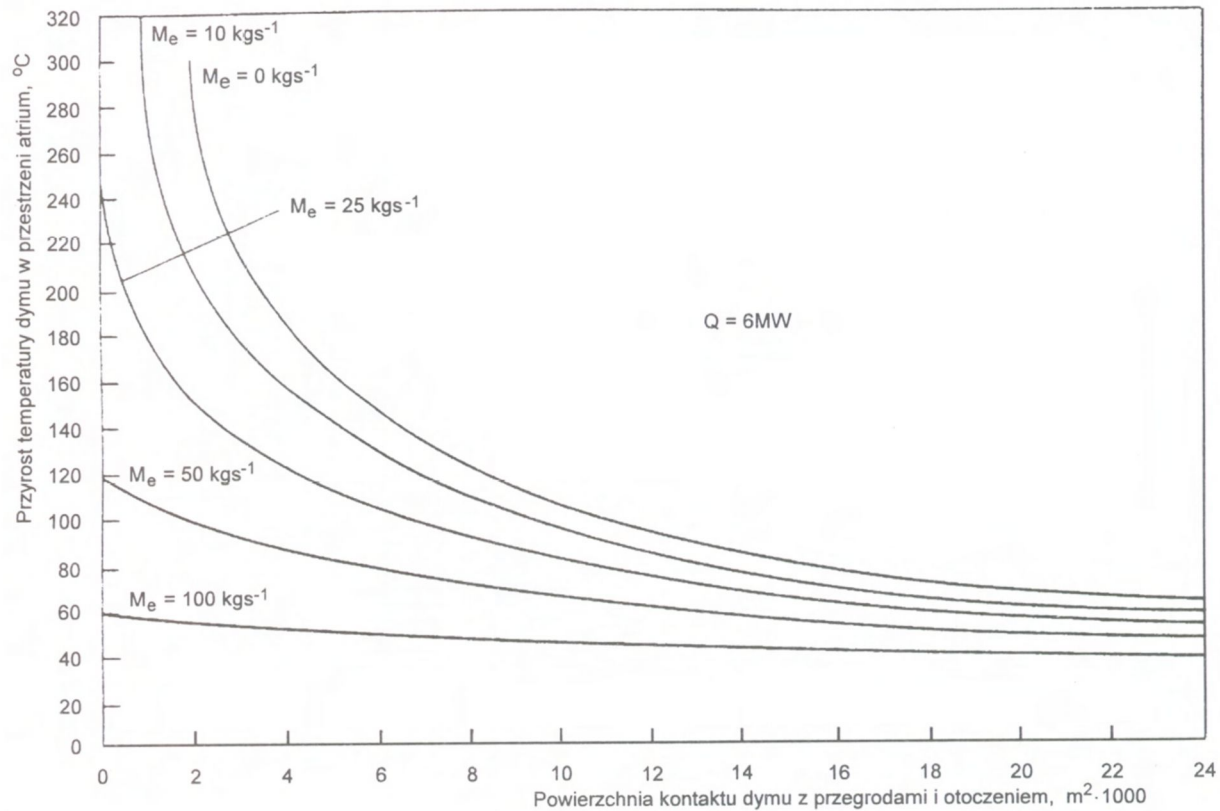
W formie schematycznej powyższe równanie zostało zilustrowane na rysunku 4.



Rys. 4. Bilans cieplny w przestrzeni atrium
Fig. 4. Heat balance in an atrium



Rys. 5. Przyrost temperatury w przestrzeni atrium dla $Q = 1$ MW
Fig. 5. The atrium layer temperature rise for $Q = 1$ MW



Rys. 6. Przyrost temperatury w przestrzeni atrium dla $Q = 6 \text{ MW}$
 Fig. 6. The atrium layer temperature rise for $Q = 6 \text{ MW}$

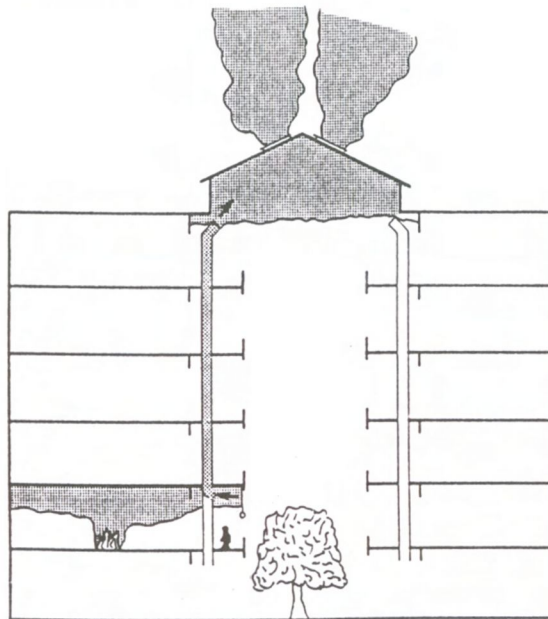
Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono rezultaty symulacji komputerowych przeprowadzonych w Fire & Risk Sciences Division BRE (Wielka Brytania) [1], [3], mających na celu określenie przyrostu temperatury w podstropowej warstwie dymu dla strumienia ciepłego przenikającego do przestrzeni atrium o wartości 1 MW i 6 MW.

Z przedstawionych wykresów wynika, że przy dużych wartościach strumienia masowego usuwanych gazów ($M_g > 50$ kg/s) zmniejszenie temperatury warstwy dymu na skutek strat ciepła może być pominięte w obliczeniach. Wpływ strat ciepła na temperaturę w przestrzeni atrium powinien być natomiast bezwzględnie uwzględniany przy małych wartościach strumienia masowego usuwanych gazów, jak również przy znacznych powierzchniach kontaktu dymu z przegrodami ograniczającymi przestrzeń atrium.

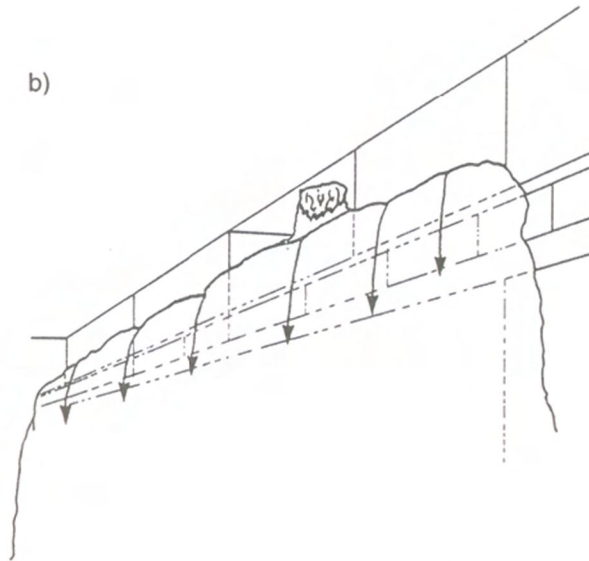
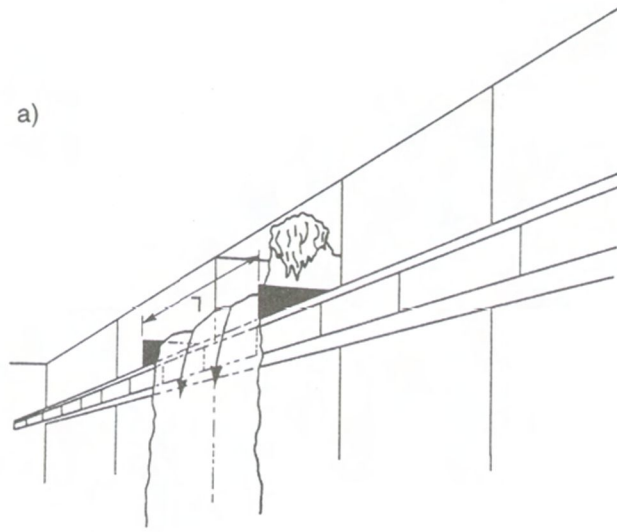
3. Grawitacyjne oddymianie atriów

W przypadku budynków zawierających przestrzenie atrialne przechodzące przez kilka lub kilkanaście kondygnacji, w zależności od ilości dymu (strumienia masowego) wydobywającego się z pomieszczenia objętego pożarem oraz od możliwości jego kumulowania w obrębie jednej kondygnacji, oddymianie grawitacyjne może się odbywać:

- pionowymi kanałami bezpośrednio do atmosfery lub też do większego zbiornika dymu umieszczonego nad przestrzenią atrium (w sytuacji, gdy strumień masowy gazów pożarowych opuszczających pomieszczenie jest stosunkowo niewielki) – zgodnie z rysunkiem 7,
- bezpośrednio z przestrzeni podstropowej atrium (w sytuacji, gdy strumień masowy gazów pożarowych przenika do przestrzeni atrium).



Rys. 7. Przepływ dymu pionowymi kanałami do wspólnego zbiornika
Fig. 7. Flow of smoke vertically ducted into the common reservoir



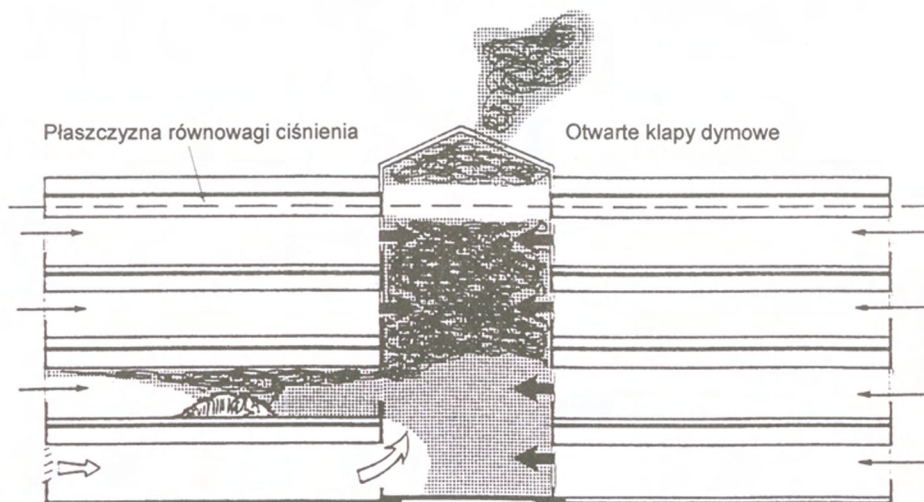
Rys. 8. Ograniczenie długości strumienia dymu wypływającego
spod krawędzi balkonu
Fig. 8. Restricting the length of the smoke plume flowing out
the edge the balcony

Powierzchnia klap dymowych powinna być tak dobrana, aby następowało usuwanie zadymionego powietrza w ilości nie mniejszej od strumienia gazów pożarowych wpływających do podstropowej warstwy dymu nad przestrzenią atrium.

W praktyce zmniejszenie ilości dymu wpływającego do podstropowej warstwy można uzyskać jedynie poprzez zmniejszenie długości strumienia gazów za pomocą podwieszenia pod stropem balkonu kurtyn dymowych (stałych lub opadających automatycznie pod wpływem sygnału z czujki dymowej), co zostało zilustrowane na rysunku 8a i 8b.

Grawitacyjny system oddymiający, w którym dym i gorące gazy pożarowe, utrzymujące się ponad kondygnacjami użytkowymi (przy zachowaniu dolnej części przestrzeni atrium w stanie wolnym od dymu) wypływają przez otwarte klapy dymowe zainstalowane w dachu atrium, a na ich miejsce wpływa czyste powietrze zewnętrzne, nie może być stosowany w sytuacji, gdy wysokość unoszenia gazów pożarowych przekracza 12 m – 15 m, co zostało wyjaśnione w pracach [4], [5]. Przy zbyt dużej wysokości unoszenia się gazów pożarowych następuje tak duże schłodzenie unoszących się spalin, że wynikająca z różnicy temperatury siła unoszenia nie jest w stanie utworzyć stabilnej podstropowej warstwy dymu, czego wynikiem jest całkowite zadymienie przestrzeni atrium.

W takiej sytuacji dobrym rozwiązaniem jest wytworzenie w sposób naturalny podciśnienia w jak największej części atrium, co zostało szerzej omówione w pracach [6] i [7]. Wszystkie pomieszczenia znajdujące się wówczas poniżej płaszczyzny równowagi ciśnienia pozostaną niezadymione (mimo istnienia otworów łączących z przestrzenią atrium). System ten wymaga jednak zastosowania znacznie większej liczby klap. Wskutek zwiększenia powierzchni klap dymowych względem powierzchni otworów dolotowych powietrza zewnętrznego następuje podniesienie się płaszczyzny równowagi ciśnienia w przestrzeni atrium. W skrajnym przypadku płaszczyzna równowagi ciśnienia może przebiegać na poziomie najwyższej kondygnacji, a cała przestrzeń atrium znajdzie się wówczas w strefie podciśnienia (rys. 9).



Rys. 9. Skrajne położenie płaszczyzny równowagi ciśnienia w systemie podciśnieniowym
Fig. 9. The extreme position of neutral pressure plane in a depressurisation system

Jeżeli nie jest możliwe takie zwiększenie powierzchni klap dymowych, które powodowałyby podniesienie płaszczyzny równowagi ciśnienia ponad najwyższą kondygnację użytkową, wówczas przegroda pomiędzy przyległymi pomieszczeniami a przestrzenią atrium powyżej tej płaszczyzny powinna być szczelna i odporna na działanie wysokiej temperatury.

Przedstawiony powyżej sposób odprowadzania dymu i ciepła z przestrzeni atrium przy wykorzystaniu naturalnie wytworzonego podciśnienia nie jest jednak zalecany w budynkach wysokich i wysokościowych. Skuteczne oddymianie atriów o wysokości kilkunastu kondygnacji w zdecydowanej większości przypadków mogą zapewnić jedynie systemy mechaniczne.

4. Podsumowanie

Wybór odpowiedniego systemu oddymiającego atrium powinien być poprzedzony dokładną analizą uwzględniającą możliwe kierunki rozptyłu dymu, przewidywane wartości strumienia masowego i temperatury unoszących się gorących gazów pożarowych przy różnych scenariuszach rozwoju pożaru, a także powinien być poprzedzony oceną możliwości doprowadzenia czystego powietrza zewnętrznego.

W przypadku budynku atrialnego, decydując się na zastosowanie grawitacyjnego systemu odprowadzania dymu i ciepła, należy bezwzględnie uwzględnić zmniejszenie temperatury gazów pożarowych na skutek strat ciepła, jak również wpływ wiatru na położenie płaszczyzny równowagi ciśnienia. Łączenie grawitacyjnego systemu oddymiającego z mechanicznym systemem nawiewnym, doprowadzającym powietrze zewnętrzne, jest niedopuszczalne.

Projekt instalacji oddymiającej, zarówno grawitacyjnej, jak i mechanicznej, powinien być skorelowany z systemem sygnalizacji pożaru, z rodzajem i rozmieszczeniem czujek. Nie może to być formalne spełnienie wymagań wymuszonych przez warunki techniczne. Rozwiązanie projektowe musi polegać na analizie problemu i zastosowaniu odpowiednich dla danego przypadku rozwiązań technicznych.

Bibliografia

- [1] Hansell G.O., Morgan H.P.: Design approaches for smoke control in atrium buildings. Building Research Establishment Report ref. BR 258. Garston, BRE, 1994
- [2] Morgan H.P. i in.: Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation. Building Research Establishment Report ref. BR 368. Garston, BRE, 1999
- [3] Morgan H.P., Hansell G.O.: Atrium buildings : calculating smoke flows in atria for smoke control design. *Fire Safety Journal* , nr 12, 1987
- [4] Głąbski P.: Oddymianie atriów. Konferencja naukowa SECUREX 2000, Poznań, 9–10 lutego, 2000
- [5] Głąbski P.: Wentylacja pożarowa w budynkach wysokich. Symposium naukowe „Ogólne bezpieczeństwo i ochrona przeciwpożarowa”, Warszawa, 21–22 czerwca 2001
- [6] Hansell G.O., Morgan H.P.: Smoke control in atrium buildings using depressurisation. Part 1: Design principles. *Fire Science and Technology*, nr 10, 1990

- [7] Hansell G.O., Morgan H.P.: Smoke control in atrium buildings using depressurisation. Part 2: Considerations affecting practical design. *Fire Science and Technology*, nr 10, 1990

SMOKE CONTROL IN ATRIUM BUILDINGS

Summary

An atrium in building with no doubt makes it more attractive, so no wonder that many buildings with closed glazed spaces, several storeys high, have been built in the recent years. Unfortunately the existence of open-plan layouts involves an increase the risk of the spread of smoke and hot gases. There are no usable guidelines or regulations available to designers of atrium smoke control systems in Poland. The author of the paper, according to the current conception of fire growth and smoke production, shows the way of obtaining the values of flow of hot gases, heat flux entering an atrium reservoir and smoke layer temperature. General designing solutions of natural smoke exhaust systems are also described in the paper.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 VIII 2001